饲料调味剂对育成期蓝狐采食量、营养物质消化率、氮代谢及生长性能的影响

孙伟丽[1,2] 王 卓[1,2] 樊燕燕[1,2] 刘 峰[3] 孙皓然[1,2] 李光玉[1,2*]

（1.中国农业科学院特产研究所，长春 130112；2.吉林省特种经济动物分子生物学国家重点实验室，长春 130112；3.成都大帝汉克生物科技有限公司，成都 611130）

摘 要：试验旨在研究肝脏香、奶香、甜味剂和大肠香等 4 种饲料调味剂对育成期雄性蓝狐采食量、营养物质消化率、氮代谢和生长性能的影响。试验采用单因子试验设计，选取体况健康的育成期雄性蓝狐 50 只，随机分成 5 组，每组 10 个重复，各组动物个体间体重差异不显著。对照组（Ⅰ组）饲喂基础饲粮，试验组（Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ组）分别饲喂在基础饲粮中添加肝脏香、奶香、甜味剂和大肠香的饲料调味剂的试验饲粮，添加量分别为 500、500、120、500 mg/kg。试验结果表明：1）与Ⅰ组相比，Ⅱ和Ⅳ组极显著的提高了干物质采食量（$P<0.01$），Ⅲ组显著的提高了干物质采食量($P<0.05$)。2）与Ⅰ组相比，Ⅳ组干物质排出量显著降低($P<0.05$)；Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ组干物质消化率分别提高了 4.34%、9.07%、9.40%、5.23%，但差异不显著（$P>0.05$）；Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ组蛋白质消化率极显著提高（$P<0.01$）；Ⅳ组脂肪消化率显著提高($P<0.05$)。3）与Ⅰ组相比，其他各组的食入氮、尿氮和蛋白质生物学价值差异不显著（$P>0.05$）；Ⅳ组粪氮显著降低($P<0.05$)，氮沉积和净蛋白质利用率显著提高($P<0.05$)。4）各组蓝狐体重及总增重差异均不显著($P>0.05$)；平均日增重各组之间差异不显著($P>0.05$)，但以Ⅰ组最低，Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ组分别高于Ⅰ组 7.99%、3.27%、6.19%、7.37%；料重比从低到高顺序分别为Ⅳ、Ⅲ、Ⅱ、Ⅴ、Ⅰ组，但各组之间差异不显著($P>0.05$)。在本试验条件下，饲粮中添加肝脏香、奶香、甜味剂均提高了蓝狐的干物质采食量和营养物质消化率，提高了饲料的利用率，其中甜味剂效果最好。

关键词：蓝狐；调味剂；采食量；消化率；氮代谢；生长性能

图分类号：S816 文献标识码： 文章编号：

收稿日期：2015-09-17

基金项目：中国农业科学院科技创新工程专项；饲料风味剂对狐、貉生长发育和消化代谢的影响研究（成都大帝汉克公司资助）

作者简介：孙伟丽（1982-），女，黑龙江林口人，博士研究生，研究方向为特种经济动物营养与饲养。E-mail： tcsswl@163.com

*通信作者：李光玉，研究员，博士生导师。E-mail： tcslgy@126.com

蓝狐为犬科狐属，其嗅觉和味觉极为敏感，野生蓝狐食性较杂，对于食物有一定的先天性喜好和偏好，采食以动物性食物为主，常捕食鼠、蛙、鱼、鸟，有时也采食浆果、植物籽实、根茎叶等。20 世纪 50 年代我国引进蓝狐品种，人工饲养后的蓝狐，主要以鱼、鸡内脏等为动物性饲料，以玉米、豆粕等为植物性饲料，采食变得比较单一。蓝狐育成期是决定机体发育的重要时期，若在保证蓝狐营养水平的前提下考虑蓝狐对食物气味、口味的喜好，提高蓝狐采食量和饲料利用率是科研工作者的一个重要课题。饲料调味剂又叫香味剂、风味剂、诱食剂等，是指化学合成或天然植物提取的各种香味剂及甜味剂，为非营养性的饲料添加剂，用于添加到动物饲料中，起到改善饲料口感，掩盖饲料原料某些不良气味，提高适口性，增进食欲，提高饲料转化率以及提高动物福利等作用[1-2]。饲料调味剂的应用很大程度提高了经济效益，引起了畜牧养殖行业的重视。近年来，畜牧行业各类饲料调味剂已经在乳猪、家禽等饲粮中得到了广泛的应用，在提高采食量、饲料转化率以及改善肉品质等效果上得到了业界人士的认可[3-5]。饲料调味剂应用至今，已有很多的种类，如香味剂、甜味剂、酸味剂、鲜味剂、咸味剂、辣味剂，不同种类的动物以及动物的不同生理时期口味喜好会不一样[6]。毛皮动物在饲料调味剂方面的研究很少，适于蓝狐等毛皮动物的饲料调味剂类型尚不清楚，缺乏试验数据支持，蓝狐口感喜好仅仅来自于养殖户的饲养经验。本试验根据蓝狐的采食特性在基础饲粮中添加肝脏香、奶香、甜味剂及大肠香，旨在筛选育成时期蓝狐适宜的饲料调味剂类型，探讨饲粮中添加不同调味剂对育成期蓝狐采食量、营养物质消化率、氮代谢及生长性能的影响，为蓝狐饲料调味剂的应用提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验动物与饲养管理

试验选用育成期健康的12周龄平均体重为（3.15±0.21） kg的雄性蓝狐50只，采用单因子随机试验设计，随机分为5组（1个对照组和4个试验组），每组10个重复，每个重复1只，各组间初始体重差异不显著($P>0.05$)。预试期7 d，正试期52 d。蓝狐进行过常规免疫接种，采用单笼饲养，自由饮水，由固定人员饲喂，每日分别于07: 00和15: 00各饲喂1次。正式试验开始后，每隔13 d于早晨空腹称重。精确记录蓝狐采食量，进而计算料重比。

1.2 试验饲粮

蓝狐饲粮以鱼粉、膨化玉米、豆粕、玉米蛋白粉等为主要原料配制而成。根据崔虎等人前期研究育成时期蓝狐适宜蛋白质营养需求，对照组（Ⅰ组）饲喂的基础饲粮蛋白质水平为31%，试验组在基础饲粮中分别添加肝脏香（500 mg/kg）(Ⅱ组)、奶香（500 mg/kg）(Ⅲ组)、甜味剂(120 mg/kg)（Ⅳ组）和大肠香（500 mg/kg)（Ⅴ组）的饲料调味剂，此添加量根据大

帝汉克生物科技有限公司根据多年的科研数据推荐。基础饲粮组成及营养水平见表1。

表1　基础饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of the basal diet (air-dry basis)　%

项目 Items	含量 Content
原料 Ingredients	
膨化玉米 Extruded corn	41.50
豆粕 Soybean meal	15.00
肉骨粉 Meatbone meal	15.00
玉米蛋白粉 Corn gluten meal	5.00
鱼粉 Fish meal	12.00
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	1.00
食盐 NaCl	0.50
豆油 Soybean oil	9.00
添加剂 Premix[1)]	1.00
合计 Total	100.00
营养水平 Nutrient levels	
粗蛋白质 CP	31.02
粗脂肪 EE	11.08
粗灰分 Ash	5.50
钙 Ca	1.98
磷 P	1.01
碳水化合物 Carbohydrate	47.14
代谢能 ME/（MJ/kg）[2)]	19.00

[1)]预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of diets：VA 940 000 IU，VD_3 250 000 IU，VE 4 000 mg VK_3 200 mg，VB_1 200 mg，VB_2 500 mg，VB_6 300 mg，VB_{12} 1.5 mg，VC 12 000 mg，叶酸 folacin 100 mg，烟酰胺 nicotinamide 2 000 mg，泛酸 pantothenic acid 1 000 mg，生物素 biotin 10 mg，乙氧喹 ethoxyquin 10 mg，氯化胆碱 choline chloride 30 000 mg，Fe (as ferrous sulfate) 4 000 mg，Zn (as zinc sulfate) 3 200 mg，Se (as sodium selenite) 12 mg，Cu (as copper sulfate) 500 mg。

[2)] 代谢能为计算值，其余为实测值。ME was a calculated value and others were measured values.

1.3 消化代谢试验

在正试期开始的第7天后，每组挑选6只体况良好的健康蓝狐进行消化代谢试验，为期3 d，采用全收粪法，消化代谢试验期间饲养管理与日常饲养管理一致。试验期收集的粪便称重后加入5%的浓度为10%硫酸溶液，烘干粉碎，过40目筛子保存于-20 ℃备用。收集的尿液每100 mL中加入2 mL浓度为10%的硫酸溶液，起固氮作用，过滤后保存于-20 ℃备用。

1.4 测试指标及方法

准确记录每只蓝狐日采食量，获取试验期内总采食量数据。试验开始前称重为首重，称重使用上海英展牌电子秤，量程为 15 kg，精度为 0.01 kg。每隔 13 d 早上称量蓝狐空腹体重，获得体重增长数量，计算试验期内平均日增重(ADG)。饲粮和粪便中的干物质、粗蛋白质、粗灰分、粗脂肪以及尿中的粗蛋白质含量的测定参照张丽英[7]的方法;计算公式如下：

干物质消化率（%）＝100×[(干物质采食量－干物质排出量)/干物质采食量];

蛋白质消化率（%）＝100×[(蛋白质摄入量－粪便中蛋白质含量)/蛋白质摄入量];

脂肪消化率（%）＝100×[(脂肪摄入量－粪便中脂肪含量)/脂肪摄入量];

氮沉积（g/d）＝食入氮－粪氮－尿氮；

净蛋白质利用率（%）＝100×（氮沉积/食入氮）；

蛋白质生物学价值（%）＝100×[氮沉积/（食入氮－粪氮）]。

1.5 数据处理

数据采用统计软件 SAS 9.2 进行单因素方差分析（one-way ANOVA），差异显著性采用 Duncan 氏法进行多重比较，数据以平均值和标准误表示，其中 P<0.05 为差异显著，P<0.01 差异极显著。

2 结 果

2.1 不同类型调味剂对蓝狐采食量和营养物质消化率的影响

由表 2 可知，相比Ⅰ组，Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ组蓝狐的干物质采食量显著或极显著提高了（P<0.05 或 P<0.01），其中Ⅱ、Ⅳ组极显著的高于Ⅰ和Ⅴ组（P<0.01），Ⅲ组显著高于Ⅰ和Ⅴ组（P<0.05）；干物质排出量Ⅳ组显著低于Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ组（P<0.05）；相比Ⅰ组，添加不同类型调味剂的干物质消化率均有提高，但差异不显著（P>0.05），Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ组分别比Ⅰ组高了 4.34%、9.07%、9.40%、5.23%；蛋白质消化率Ⅳ组最高，为 72.62%，且极显著高于Ⅰ、Ⅱ组（P<0.01），

Ⅲ和Ⅴ组显著高于Ⅰ、Ⅱ组（*P*<0.05）；脂肪消化率Ⅳ组最高，为 90.69%，Ⅳ组显著高于Ⅰ组（*P*<0.05），极显著高于Ⅱ组（*P*<0.01）。

表 2　饲料调味剂对育成期蓝狐营养物质消化率的影响

Table 2　Effects of flavoring on nutrient digestibility of growing blue foxes

项目 Items	组别 Groups					*P* 值 *P*-value
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	
干物质采食量 DM intake/(g/d)	292.00±5.28^{bBC}	303.02±2.71^{aA}	301.91±7.67^{aAB}	302.79±5.75^{aA}	288.60±6.03^{bC}	0.000 7
干物质排出量 DM output/(g/d)	88.83±6.10^{a}	91.49±5.15^{a}	87.81±7.72^{a}	73.22±11.53^{b}	84.91±9.49^{ab}	0.032 6
干物质消化率 DM digestibility/%	68.83±2.40	71.82±6.43	75.07±6.77	75.30±3.06	72.43±5.28	0.192 9
蛋白质消化率 Protein digestibility/%	58.89±3.90^{bC}	59.52±7.32^{bBC}	70.49±9.14^{aAB}	72.62±2.17^{aA}	67.48±7.16^{aABC}	0.002 7
脂肪消化率 Fat digestibility/%	86.78±1.40^{bAB}	86.27±3.51^{bB}	89.38±2.12^{abAB}	90.69±1.96^{aA}	88.89±2.89^{abAB}	0.029 6

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著(*P*<0.05)，不同大写字母表示差异极显著(*P*<0.01)，相同字母或无字母表示差异不显著(*P*>0.05)。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference (*P*<0.05), and with different capital letter superscripts mean extremely significant difference (*P*<0.01), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference (*P*>0.05). The same as below.

2.2　饲料调味剂对蓝狐氮代谢的影响

由表 3 可知，在氮代谢方面，与Ⅰ组相比，Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ组食入氮差异不显著（*P*>0.05），但Ⅱ组显著高于Ⅴ组（*P*<0.05）；粪氮以Ⅳ组最低，且显著低于Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ组（*P*<0.05），而Ⅴ组显著低于Ⅱ组（*P*<0.05）；尿氮各组间差异不显著（*P*>0.05）；氮沉积以Ⅲ、Ⅳ组较大，显著高于Ⅰ组（*P*<0.05）；净蛋白质利用率以Ⅳ组最大，显著高于Ⅰ组（*P*<0.05）；蛋白质生

物学价值各组间差异不显著（*P*>0.05）。

表 3　饲料调味剂对育成期蓝狐氮代谢的影响

Table 3　Effects of flavoring on nitrogen metabolism of growing blue foxes

项目 Items	组别 Groups Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	*P* 值 *P*-value
食入氮 N intake/(g/d)	14.49±0.26^{ab}	15.05±0.12^{a}	14.79±0.59^{ab}	14.68±0.89^{ab}	14.08±0.66^{b}	0.078 4
粪氮 FN/(g/d)	5.19±0.46^{ab}	5.40±0.50^{a}	5.24±0.70^{ab}	4.27±0.70^{c}	4.47±0.36^{bc}	0.021 3
尿氮 UN/(g/d)	3.42±0.63	3.45±0.80	3.33±0.63	3.42±0.75	3.87±0.60	0.679 9
氮沉积 N retention/(g/d)	5.71±0.54^{b}	6.05±0.58^{ab}	7.05±0.98^{a}	6.98±0.84^{a}	6.19±0.88^{ab}	0.031 4
净蛋白质利用率 NPU/%	36.07±3.41^{b}	37.52±11.67^{ab}	44.16±5.73^{ab}	46.20±4.01^{a}	44.35±7.12^{ab}	0.064 6
蛋白质生物学价值 PBV/%	61.42±6.30	65.55±13.52	64.96±6.90	65.32±6.80	59.51±8.79	0.688 5

2.3　饲料调味剂对育成期蓝狐生长性能的影响

由表 4 可知，试验结果表明，各组蓝狐体重及总增重差异均不显著（*P*>0.05）；平均日增重各组之间差异不显著(*P*>0.05)，但以Ⅰ组最低，Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ组分别比Ⅰ组高了 7.99%、3.27%、6.19%、7.37%；料重比从低到高顺序分别为Ⅳ、Ⅲ、Ⅱ、Ⅴ、Ⅰ组，但各组之间差异不显著(*P*>0.05)。

表 4　饲料调味剂对育成期蓝狐生长性能的影响

Table 4　Effects of flavoring on growth performance of growing blue foxes

项目 Items	组别 Groups Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	*P* 值 *P*-value
体重 Body weight/kg						
90 日龄 90 days of age	3.12±0.25	3.11±0.14	3.17±0.21	3.18±0.22	3.16±0.23	0.962 9
103 日龄 103 days of age	4.08±0.32	4.11±0.20	4.02±0.29	4.10±0.23	4.17±0.35	0.911 1
116 日龄 116 days of age	4.88±0.32	4.96±0.30	4.80±0.30	4.91±0.42	4.79±0.40	0.901 3
129 日龄 129 days of age	5.69±0.52	5.74±0.47	5.90±0.41	5.83±0.47	5.80±0.43	0.944 8

总增重 Total weight gain/kg	2.47±0.23	2.60±0.33	2.60±0.32	2.62±0.26	2.55±0.14	0.781 9
平均日增重 ADG/（g/d）	47.46±4.42	51.25±5.26	49.01±6.19	50.40±4.92	50.96±2.76	0.558 1
料重比 F/G	6.67±0.59	6.12±0.82	6.01±1.13	5.67±1.39	6.14±0.49	0.277 7

3 讨 论

3.1 调味剂类型对蓝狐采食量的影响

食物的气味、味道、质感等为食物的提示信号，当动物嗅到食物的气味儿或者尝到食物的滋味儿、口感后，会相应根据喜好而影响采食量[8]。从本试验结果得知，相比基础饲粮和添加大肠香的饲粮，添加肝脏香、奶香、甜味剂的饲粮对育成期蓝狐都有一定的诱食效果。本课题小组在前期的试验研究中发现，准备配种时期的蓝狐对肝脏香有较高的偏嗜指数，饲粮添加肝脏香能够提高蓝狐的采食量和采食量速度，起到了诱食效果[9]。蓝狐的育成期为断奶后的快速生长阶段，许多研究表明动物断奶后仍然偏好与母乳相似的味道[10-12]，本课题小组在前期的试验研究中也发现了育成期的蓝狐饲粮中添加奶香调味剂相比基础饲粮偏嗜指数达到了 1.50，且明显的提高了采食的速度[13]，而在蓝狐的准备配种期阶段添加奶香调味剂对蓝狐的采食量没有改善[14]，可能与动物成年后对奶香味儿的依赖性逐渐减弱有关。甜味剂在畜禽动物调味剂中应用的最为广泛，大多数动物对味道的偏好有共性，就是喜欢采食甜味物质[15-17]，从本试验中可以看出蓝狐也不例外。试验中大肠香对育成期蓝狐的诱食效果不明显，说明并不是所有的饲料调味剂都能起到诱食效果，香味剂的添加效果受饲粮中添加的香味剂种类、饲粮基础底物、添加方式和添加量等因素的影响，如若香气不适宜或者气味儿过于浓郁甚至得到相反的效果[18-19]。动物不同的生理时期口味喜好不同，同时感官灵敏度及对某一气味儿、味道的生殖域值也差别很大。因此针对不同的生长阶段及生长特性，调味剂的添加效果不同，调味剂的种类选择也是有差异的。

3.2 不同类型调味剂对育成期蓝狐营养物质消化率和氮代谢的影响

巴甫洛夫指出“食欲即消化液”，假若饲料香气外散、适口性好，动物嗅到或吃到这种饲料就会兴奋采食中枢神经，引起条件反射，刺激消化器官的唾液、胃液、肠液、胰液及胆汁的分泌增多，蛋白酶、淀粉酶、脂肪酶的含量增多，胃肠蠕动增强，机械性消化运动增强，帮助动物机体对饲料营养物质的充分消化、吸收，同时提高消化率，有利于胃的排空，从而促进再次采食。Platel 等[20]研究表明，在鼠的饲粮中添加了一些香料物质，有的香料如姜黄、辣椒碱等可以提高消化液的分泌以及消化酶活性，而某些香料如小茴香、芥菜等则起到相反的影响。吕继蓉[21]在猪的饲粮中添加了乳香味剂、甜味剂等均提高了胃蛋白酶、总胰蛋白

酶、总脂肪蛋白酶和总淀粉酶的活性，并且提高了下丘脑中神经肽 Y（NPY）和胃黏膜中胃促生长素（ghrelin）的采食调节因子 mRNA 表达丰度和在血清中的分泌。本试验中发现，饲粮中添加奶香和甜味剂后，干物质、蛋白质、脂肪消化率均不同程度的提高，且蛋白质消化率达到了显著水平。蓝狐饲粮添加肝脏香后采食量显著增加，虽然营养物质消化率没有显著提高，可能是多分泌的酶用以消化多采食的饲料部分饲粮，但其对营养物质的利用相对于对照组还是提高了。

氮代谢是机体重要的代谢，各种含氮营养素在体内经氮代谢一部分沉积于体内供机体利用，其余部分则以粪尿氮排出体外。沉积于体内的氮又是建造机体组织细胞的主要原料，以及酶、激素和抗体等功能性物质的重要来源，对于蓝狐等毛皮动物来说，除维持机体生存必需外，氮沉积和氮的有效利用也与其毛发的生长发育也有着极为重要的关系[22]。本试验结果显示，蓝狐饲粮中添加肝脏香、奶香以及甜味剂后，氮沉积、净蛋白质利用率以及蛋白质生物学价值均不同程度的升高，其中添加奶香和甜味剂的氮沉积达到了显著水平，甜味剂的净蛋白质利用率达到了显著水平。然而饲料调味剂对蓝狐复杂的采食中枢调节过程，促进采食量以及调控采食行为和增重机理的分子机制仍需做进一步的深入研究。

3.3　不同类型调味剂对育成期蓝狐生长性能的影响

育成期是蓝狐体增长的重要阶段，提高动物体重最直接的办法就是提高动物的采食量，通过采食而获得更多的能量，除满足机体需要外，多余的能量转化成脂肪的形式储存起来，而蓝狐育成期体格的增长关系到打皮前能否获得较大的皮张。饲粮适口性是饲粮的滋味、香味和质地特性的总和，受饲料中滋味物质（甜、酸、鲜、苦）、香味物质、营养物质等的影响，蓝狐的采食量可通过提高动物饲粮的适口性而得到改善。牟永斌[23]研究表明，添加甜味剂的饲粮能显著增加断奶仔猪的生长性能和饲料转化率。刘爽[24]研究显示，添加奶香、甜味剂和香味剂均可提高仔猪的总增重。李欣等[25]在基础补饲料中添加了 0.13%青草香味调味剂后提高了羔羊的采食量、平均日增重及饲料转化率。而本试验从蓝狐各日龄体重、总增重以及平均日增重结果显示，通过添加肝脏香、奶香和甜味剂可以降低料重比，且以甜味剂的料重比最低，从而提高经济效益。

4　结　论

在本试验条件下，饲粮中添加肝脏香、奶香、甜味剂均提高了蓝狐的干物质采食量和营养物质消化率，提高了饲料的利用率，其中甜味剂效果最好。

参考文献：

[1]　高洪芬,李华.饲料调味剂及其功能[J].中国饲料,1996(13):12–13.

[2] 沈婷.饲料风味剂的研究进展与应用[J].江苏农业科学,2007(5):156–160.

[3] 陈文,黄艳群,田伟,等.家禽味觉特性与禽用调味剂的使用[J].家禽科学,2006(1):48–50.

[4] 陈永锋.甜味剂和香味剂对仔猪生产性能的影响[J].福建畜牧兽医,2012,34(2):12–15.

[5] 孙肖明,李文聪.饲料调味剂在养殖业中的应用与展望[J].养殖与饲料,2013(9):24–26.

[6] 王常慧,杨建强.饲用调味剂的研究进展及应用注意事项[J].饲料工业,2001,22(2):24–25.

[7] 张丽英.饲料分析及饲料质量检测技术[M].2 版.北京:中国农业大学出版社,2003.

[8] 陈学斌.动物选择采食行为与调味剂在饲料中的应用[J].国外畜牧科技,1999,26(6):12–14.

[9] 杨雅涵,孙伟丽,徐超,等.饲料调味剂对准备配种期蓝狐采食行为和采食量的影响[J].饲料工业,2015,36(17):55–59.

[10] MENNELLA J A, BEAUCHAMP G K.Mothers'milk enhances the acceptance of cereal during weaning[J].Pediatric Research,1997,41:188–192.

[11] FORBES J M.Voluntary food intake and diet selection in farm animals[M].2nd ed.Wallingford:CAB International,2007.

[12] 吕继蓉,曾凡坤,张克英.猪乳香味剂对断奶仔猪采食行为和采食量的影响[J].动物营养学报,2011,23(5):848–853.

[13] 孙伟丽,刘峰,樊燕燕,等.饲料调味剂对育成期蓝狐采食量和采食行为的影响[J].饲料工业,2015,36(21):57–61.

[14] 杨雅涵,李光玉,徐超,等.不同浓度梯度甜味剂对准备配种期蓝狐诱食效果的研究[J].饲料工业,2014,35(15):51–54.

[15] MCLAUGHLIN CL,BAILE C A,BUCKHOLTZ L L,et al.Preferred flavors and performance of weanling pigs[J].Journal of Animal Science,1983,56(6):1287–1293.

[16] MOSER R L, PETTIGREW J E,CORNELIUS S G.Feed intake of lactating sows as affected by a feed flavor[R]//Minnesota Swine Research Reports.[S.l.]:[s.n.],1986.

[17] WELLER R F,PHIPPS R H.Preliminary studies on the effect of flavouring agents on the dry-matter intake of silage by lactating dairy cows[J].The Journal of Agricultural Science,1989,112(1):67–71.

[18] SMITH J C.Microstructure of the rat's,intake of food,sucrose and saccharin in24-hour tests[J].Neuroscience & Biobehavioral Reviews,2000,24(2):199–212.

[19] RICHARDSON L.The influence of nutritive and non-nutritive sweeteners on rat taste behavior[Z].[s.n.],2008:18.

[20] PLATEL K,SRINIVASAN K.Influence of dietary spices or their active principles on digestive enzymes of small intestinal mucosa in rats[J].International Journal of Food Sciences and Nutrition,1996,47(l):55–59.

[21] 吕继蓉.饲料风味剂对猪采食量和采食行为的影响及机理研究[D].博士学位论文.雅安:四川农业大学,2011.

[22] 张海华.日粮蛋白质和蛋氨酸水平对水貂生产性能及毛皮发育的影响[D].博士学位论文.北京:中国农业科学院,2011.

[23] 牟永斌.色氨酸和诱食剂对仔猪营养生理效应的影响研究[D].硕士学位论文.重庆:西南大学,2008.

[24] 刘爽.几种甜味剂、香味剂和饲料颜色对仔猪增重效果的影响研究[D].硕士学位论文.杨凌:西北农林科技大学,2007.

[25] 李欣,田树军,赵国先,等.不同风味诱食剂对羔羊采食行为和生产性能的影响[J].中国饲料,2013(23):32–34.

Effects of Feed Flavoring Agents on Feed Intake, Nutrition Digestibility, Nitrogen Metabolism and Growth Performance of Growing Male Blue Foxes

SUN Weili[1,2] WANG Zhuo[1,2] FAN Yanyan[1,2] LIU Feng[3] SUN Haoran[1,2] LI Guangyu[1,2*]

(1. *Institute of Special Animal and Plant Sciences*, *Chinese Academy of Agriculture Sciences*, *Changchun* 130112, *China*; 2. *Jilin Provincial Key Laboratory for Molecular Biology of Special Economic Animals*, *Changchun* 130112, *China*; 3. *DadHank* (*Chengdu*) *Biotechnology Co.*, *Ltd.*, *Chengdu* 611130, *China*)

Abstract: The experiment was conducted to study the effects of feed flavoring agents including the liver flavor, milk flavor, sweetener and bowel flavor on feed intake, nutrition digestibility, nitrogen metabolism and growth performance for the growing male blue foxes. With the single factor designing, fifty health growing male blue foxes weighing approximately were collected and randomly allocated into five groups, each group containing ten replicates. Foxes were fed the same basal powder diet supplemented with 0 (control group), 500 mg/kg liver flavor (Ⅱ group), 500 mg/kg milk flavor (Ⅲ group), 120 mg/kg sweetener (Ⅳ group) and 500 mg/kg (Ⅴ group) bowel flavor. The experimental results showed as follows: 1) compared to the group Ⅰ, the dry

*Corresponding author, professor, E-mail: tcslgy @126.com (责任编辑 陈 燕)

matter intake in groups Ⅱ and Ⅳ were extremely significantly increased (*P*<0.01), and the dry matter intake in group Ⅲ was significantly increased (*P*<0.05). 2) Compare to the group Ⅰ, dry matter output in group Ⅳ was significantly decreased (*P*<0.05), dry matter digestibility in groups Ⅱ, Ⅲ, Ⅳ and Ⅴ were increased by 4.34%, 9.07%, 9.40%, 5.23%, respectively, but the difference was not significant (*P*>0.05). Group Ⅳ showed a significantly higher fat digestibility (*P*<0.05). Groups Ⅲ Ⅳ and Ⅴ showed a significantly higher protein digestibility (*P*<0.01). 3) In the aspect of nitrogen metabolism, nitrogen intake, urine nitrogen and the protein biological value in other groups were no significant differences compare to the group Ⅰ (*P*>0.05); significantly lower fecal nitrogen and significantly higher nitrogen deposition and net protein utilization were observed in the group Ⅳ (*P*<0.05). 4) Body weight, the total weight gain and average daily gain were no significant difference among all groups (*P*>0.05). Average daily gain in group Ⅰ was lowest, and that in groups Ⅱ, Ⅲ, Ⅳ and Ⅴ were higher 7.99%, 3.27%, 6.19%, 7.37%, respectively. Rate of feed to gain from low to high were groups Ⅳ, Ⅲ, Ⅱ, Ⅴ and Ⅰ, respectively, but the difference were not significant (*P*>0.05). In conclusion, this experimental indicates that the feeding flavoring agents of liver flavor, milk flavor sweetener can increase the dry matter intake and nutrition digestibility, and improve the feed utilization of growing blue foxes. The effect of sweetener is best.

Key words: blue fox; feed flavoring agent; feed intake; digestibility; nitrogen metabolism; growth performance